

Requested Patent: EP0138017A1

Title:

METHOD FOR ULTRASONIC DOPPLER FLUID FLOW MEASUREMENT WITH
IMPROVED SPATIAL RESOLUTION ;

Abstracted Patent: EP0138017 ;

Publication Date: 1985-04-24 ;

Inventor(s): MAGORI VALENTIN DIPL-PHYS ;

Applicant(s): SIEMENS AG (DE) ;

Application Number: EP19840110467 19840903 ;

Priority Number(s): DE19833333409 19830915 ;

IPC Classification: G01F1/66 ;

Equivalents: DE3333409 ;

ABSTRACT:

1. A method of carrying out ultrasonic flow measurements in accordance with the Doppler principle, wherein previously transmitted ultrasound (24, 25) is received as reflected ultrasound (23 ; 24', 25'), with a Doppler frequency shift Δf corresponding to the flow speed to be measured, where the flow is measured at the location of the intersection (124, 125 ; 224, 225) of the transmitting sound lobe and the receiving sound lobe and is determined from the signal of the receiving transducer (22, 31), characterized in that for the detection and/or analysis of the complete flow profiles inside the pipeline (1) the angle α of the sound lobe (24, 25, 23 ; 24, 25, 24', 25') of at least one of the transmitting and receiving transducers (21, 22 ; 21, 31) is changed for individual measurements within an angle range α_n such that a representative portion of the flow profil of the cross-section inside the pipeline (1) is detected.

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑰ Anmeldenummer: **84110467.2**

⑤① Int. Cl.⁴: **G 01 F 1/66**

⑱ Anmeldetag: **03.09.84**

③① Priorität: **15.09.83 DE 3333409**

⑦① Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft, Berlin und München Wittelsbacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE)**

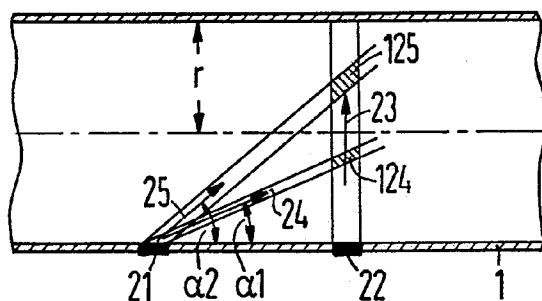
④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: **24.04.85**
Patentblatt 85/17

⑥④ Benannte Vertragsstaaten: **CH DE FR GB IT LI NL SE**

⑦② Erfinder: **Mágori, Valentin, Dipl.-Phys., Limburgstrasse 17, D-8000 München 90 (DE)**

⑤④ **Verfahren zur Ultraschall-Durchflussmessung nach dem Dopplerprinzip mit verbesserter Ortsauflösung.**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Durchflußmessung mittels Ultraschalles nach dem Dopplerprinzip mit steuerbarer selektiver Erfassung verschiedener Teilvolumina (124, 125) des Querschnittes des strömenden Mediums. Die Erfassung der Teilvolumina (124, 125) erfolgt durch richtungsabhängige Abtastung des Querschnittes mit Hilfe von Interdigitalwandlern, wie sie in der deutschen Offenlegungsschrift 3 020 282 beschrieben sind.



EP 0 138 017 A1

0138017

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
München

Unser Zeichen Berlin und
VPA

83 P 1684 E

Verfahren zur Ultraschall-Durchflußmessung nach dem Doppler-
5 prinzip mit verbesserter Ortsauflösung.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Ultraschall-Durchflußmessung, wie es im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegeben ist.

10

Es ist bekannt, mit Hilfe von Ultraschall, jedoch nicht unter Ausnutzung des Dopplerprinzips Strömungsmessungen im Innern von Rohrleitungen vorzunehmen. Ein derartiges Verfahren ist u.a. in der DE-OS 30 20 282 zur Fig.1 beschrieben, wo schräg
15 zur Geschwindigkeit des im Innern der Rohrleitung strömenden Mediums Ultraschall von einem Sendewandler zu einem Empfangswandler derart ausgesandt wird, daß die Ultraschall-Strahlung möglichst auch den Bereich der Achse der Rohrleitung (in schräger Richtung) durchquert. Der zugehörige Empfangswandler
20 ist in entsprechender Lage in bzw. am Rohr so positioniert angebracht, daß er die im schrägen Winkel ausgesandte Ultraschall-Strahlung empfangen kann. Indem man den Empfangswandler in einer zweiten Betriebsphase als Sendewandler benutzt und den vorherigen Sendewandler dann als Empfangswandler verwen-
25 det, erfolgt eine Ultraschall-Messung entlang der Meßstrecke sowohl in Hin-Richtung als auch in Her-Richtung. Mittels bekannter Differenzmessung wird dort wie bei anderen entsprechenden Strömungsmessern der Meßwert ermittelt, der ein Mittelwert über die gesamte Meßstrecke ist. Die Genauigkeit der
30 Durchflußmessung nach diesem Verfahren ist relativ hoch. Allerdings ist auch der elektronische Aufwand hierzu beträchtlich.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren
35 anzugeben, mit dem eine insgesamt ebenfalls genaue Erfas-

sung bzw. Messung der Durchflußmenge in einer Rohrleitung zu erzielen ist, jedoch mit geringerem elektronischem Aufwand.

Diese Aufgabe wird mit Hilfe des Verfahrens nach Patentan-
5 spruch 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die inner-
halb einer Rohrleitung auftretende Strömung bzw. das Strö-
10 mungsprofil eines Querschnittes dieser Rohrleitung mit den bisher bekannten Methoden nur schwierig und ungenau zu erfassen ist. Dies wäre aber notwendig für solche Strömungsmessungen, von deren Genauigkeit erhebliche wirtschaftliche Werte, z.B. Verbrauchsmessungen und deren Kostenberechnung, abhängen.

15 Dem erfindungsgemäßen Lösungsprinzip liegt zugrunde, mindestens einen der beiden verwendeten Wandler (Sende- und/oder Empfangswandler) mit zeitlich veränderlicher Ultraschall-Richtung zu betreiben. Dazu gehört, daß Senderichtung und
20 Empfangsrichtung der Ultraschall-Strahlung sich im Rohrin- nern schneiden, anders als etwa bei dem Prinzip der DE-OS 30 20 282, Fig.1, wo Sende- und Empfangsrichtung 12 ineinanderfallen und kein Schnittpunkt zu definieren ist. Erfolgen aber Aussendung und Empfang in sich miteinander schneidenden
25 Richtungen, ist mit dem Schnittpunkt ein Meßpunkt bzw. entsprechend dem Querschnitt der Ultraschall-Strahlung und dem Querschnitt der Empfangs-Strahlungskeule der Ort eines differenziellen Strömungsvolumens bestimmt, für den allein im Augenblick die Strömungsmessung nach dem Dopplerprinzip er-
30 folgt. Hier von Ultraschall-Sendestrahl des aussendenden Ultraschall-Wandlers zu sprechen ist begrifflich unproblematisch. Für den Empfang, für den die für die Sendefrequenz f maßgebliche Empfangs- Schallkeule des empfangenen Ultraschall- schall-Wandlers zu berücksichtigen ist, soll der Begriff

"virtueller Empfangsstrahl" im nachfolgenden verwendet werden.

Bei der vorliegenden Erfindung wird also mit zeitlich sich
änderndem Winkel des Sendestrahls und sich änderndem Winkel
5 des virtuellen Empfangsstrahls gearbeitet. Diese zeitliche
Veränderung der Richtungen kann mechanisch bewirkt werden.
Entscheidend vorteilhafter ist jedoch, dies mit elektrischen
Mitteln zu bewirken, wozu nachfolgend die entsprechenden Aus-
führungsformen zur Erfindung beschrieben werden. Da mit der
10 Erfindung einzelne Orte der Strömung im Rohrrinnern erfaßt
werden können, ist durch entsprechende räumliche Abtastung -
oftmals genügt aber bereits die Abtastung entlang einem
Durchmesser des Rohrquerschnittes - das ganze Strömungsprofil
im Rohrrinnern zu ermitteln. Es kann eine Mittelung der
15 verschiedenen Meßwerte des gesamten Strömungsprofils vorge-
nommen werden, womit eine erheblich genauere Aussage über das
pro Zeiteinheit transportierte Strömungsvolumen erzielt wird.
Es können aus dem mit der Erfindung nunmehr exakt ermittel-
baren Strömungsprofil für einzelne Orte verschiedene Wich-
20 tungsfaktoren abgeleitet werden, die in die Mittelwertbildung
eingeführt werden und die Genauigkeit des Mittelwertes erheb-
lich steigern. Es besteht auch mit Hilfe der Erfindung die
Möglichkeit, aus dem erfaßten Strömungsprofil einen Meßort zu
ermitteln, der einen repräsentativen Wert ergibt, d.h. der
25 quantitativ dem Mittelwert der Strömung gleich ist und dann
anstelle dieses Mittelwertes später nur noch allein ermittelt
wird.

Mit Hilfe der Erfindung läßt sich die jeweils tatsächliche
30 Lage des Meßortes im Rohrrinnern rekonstruieren.

Für Meßpunkte nahe der Rohrwand sind die Strömungsgeschwin-
digkeiten relativ klein. Mit Hilfe der Erfindung bzw. mit

Hilfe der durch die Erfindung ermöglichten Mittelwertsbildung kann sogar die Meßgenauigkeit des bekannten "clamp-on"-Verfahrens verbessert werden, bei dem lediglich auf einer einzigen im Rohrrinnern festgelegten Meßstrecke für Hin-Richtung und Her-Richtung gemessen wird, so wie z.B. bei Fig.1 der DE-OS 30 20 282. Das clamp-on-Verfahren hat seinen Namen davon, daß dabei die Wandler - eventuell auch nachträglich - von außen an das Rohr angesetzt werden.

10 Eine ganz besonders wichtige Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist diejenige, bei der für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens Wandler nach der obengenannten DE-OS 30 20 282 verwendet werden. Bezüglich des Aufbaues, der Arbeitsweise, der Wirkungsweise und weiterer Besonder-
15 heiten dieser Wandler der obengenannten DE-OS sei hier auf den Inhalt der Beschreibung dieser Druckschrift hingewiesen, die hiermit auch Bestandteil der vorliegenden Anmeldung ist.

In Fig.1 der obengenannten DE-OS und auch der vorliegenden
20 Anmeldung ist mit 1 im Schnitt eine Rohrleitung bezeichnet, in der das hier nicht dargestellte, zu messende Medium strömt und durch dessen Innenraum hindurch Ultraschall - bei dieser bekannten Ausführungsform - mit dem festen Winkel von dem einen Wandler 2 zu dem anderen Wandler 3 und
25 zur Differenzbildung vom Wandler 3 zum Wandler 2 ausgesendet wird. Der Wandler 2 mit einem plattenförmigen Körper K aus piezoelektrischer Keramik ist in die Wandung des Rohres 1 derart eingebaut, daß die Rohrrinnenwandung möglichst keine oder nur geringfügige Diskontinuität ihrer Form hat. Ins-
30 besondere kann die Innenseite 4 des Körpers K des Wandlers 2 eine der Rohrrinnenwandung entsprechende Krümmung haben oder es kann auch ein zusätzliches Aufsatzstück mit entsprechender Krümmung auf einem planen Körper K vorgesehen sein.

Die Wandler 2 und 3 haben vorzugsweise gleichen Aufbau. Z.B. ist auf der jeweiligen Innenseite 4 des Körpers K eine übliche ganzflächige Elektrodenbeschichtung angeordnet, die z.B. außerdem noch mit einem Schutzüberzug versehen sein kann. Die
5 Elektrodenbeschichtung 5 ist mit einer entsprechenden Anschlußleitung versehen.

Auf der Außenoberfläche 6 der Wandler 2, 3 ist die in der DE-OS näher beschriebene Interdigitalstruktur angeordnet,
10 die aus zwei mit ihren Elektrodenfingern ineinandergreifenden Kammstrukturen besteht, wobei die Finger einer jeden Kammstruktur mit je einer Sammelschiene verbunden sind. Die in der Fig.1 geschnitten wiedergegebenen Finger 7 gehören zu der einen Kammstruktur und die Finger 8 gehören zu der
15 anderen, dazu interdigitalen Kammstruktur.

Mit den Pfeilen 11 ist die permanente Polarisierung des piezoelektrischen Keramikmaterials der Wandler 2, 3 bezeichnet. Diese Polarisierung kann auch den dargestellten Pfeilen 11
20 entgegengesetzt gerichtet sein. Es sei darauf hingewiesen, daß hier der Einfachheit halber gleichartig aufgebaute Wandler 2 und 3 vorgesehen sind; diese Wandler können aber auch unterschiedlichen Aufbau im Rahmen des Prinzip der DE-OS (und der vorliegenden Erfindung) haben.

25

Der (augenblicklich) als Sender verwendete Wandler 2 oder 3 wird mit Wechselspannung einer Frequenz f gespeist. Zweckmäßigerweise ist in bezug auf die vorteilhafterweise als Masse geschaltete Elektrode 5 vorgesehen, die beiden Kammstrukturen einer jeweiligen Interdigitalstruktur mit 180° phasenverschobenen Wechselspannungen U_1 und U_2 gleicher Frequenz f zu speisen. Von dem dann (augenblicklich) als Empfangswandler verwendeten Wandler 3 wird ein Ultraschall-Signal aufgenommen.

men, das entsprechend der in die Strahlung 12 fallenden Geschwindigkeitskomponente der im Rohr vorliegenden Strömung eine Dopplerfrequenz-Verschiebung aufweist. Bei Vertauschen der Funktionen der Wandler 2 und 3 wird die entgegengesetzt gerichtete Laufzeit- oder Phasenverschiebung festgestellt und aus der Differenzbildung und dem Winkel α wird die - für eine solche Ausführungsform mittlere Strömungsgeschwindigkeit - für einen Durchmesser des Strömungsquerschnittes festgestellt.

10 Wie bereits in der obengenannten DE-OS ausführlich beschrieben, ist der Vorzug eines derartigen Interdigitalwandlers derjenige, daß mit ihm in einem Winkel α schräg zur Wandleroberfläche Ultraschall-Strahlung abgestrahlt werden kann, so daß kein Strömungshindernis mit dem Einbau eines solchen Wandlers verbunden ist.

Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, daß die Interdigitalstruktur eines solchen Wandlers der obengenannten DE-OS sowohl durch entsprechende Fingerelektrodenstruktur 7, 8, durch alternierende Polarisation (Fig.2 der DE-OS 30 20 282.5) als auch durch Anwendung beider Prinzipien gemeinsam realisiert sein kann.

Aus der Bedingung $d = \lambda / \cos \alpha$ ergibt sich $\alpha = \arccos \frac{c}{f \cdot d}$ mit c = Schallgeschwindigkeit des Mediums und f = Frequenz der anregenden Spannung U .

Die Fig.2 und 3 zeigen bevorzugte Ausführungsformen zur Erfindung, nämlich:

30

Fig.2 eine Ausführungsbeispiel mit einem Wandler irgendeiner Ausführungsform nach der DE-OS 30 20 282 und einem konventionellen zweiten Wandler,

35

Fig.3 ein Ausführungsbeispiel mit zwei Wandlern der DE-OS 30 20 282 und

Fig.4 ein Schaltungsbeispiel der Elektronik.

5

Mit 21 ist ein Wandler nach Fig.1 bzw. der DE-OS 30 20 282 bezeichnet, der in die Rohrwandung 1 wie in Fig.1 eingebaut ist. Mit 22 ist ein konventioneller Wandler bezeichnet, der z.B. eine mit auf beiden Seiten ganzflächigen Elektroden
10 versehene Piezo-Keramikscheibe ist. Dieser Wandler 22 kann bei der Erfindung - wie in Fig.2 dargestellt - in die Rohrwandung 1 in einer Ebene mit derselben eingebaut sein. Der Wandler 22 wird dauernd als Empfangswandler verwendet und für die Erfindung genügt es, wenn dieser Wandler 22 sich aufgrund
15 seines Aufbaues und Einbaues eine lediglich in Durchmesser-Richtung 23 gerichtete (Empfangs-)Schallkeule hat.

Der Wandler 21 kann so betrieben werden, daß er seinen Ultraschall mit veränderbaren Winkeln α_n aussendet. Mit 24 und 25
20 sind zwei Beispiele mit den Winkeln α_1, α_2 bezeichnet. Wie dargestellt, führen diese unterschiedlichen Aussenderichtungen 24 und 25 zu zwei verschiedenen Meßorten 124 und 125, für die sich entsprechend den Schallkeulen die angedeuteten
differentielle Meßvolumina 124, 125 ergeben. Sie liegen im
25 Bereich der jeweiligen Schnittpunkte von Senderichtung 24, 25 und feststehender Empfangsrichtung 23. Die Ausstrahlungswinkel α_1, α_2 werden durch Betreiben des Wandlers 21 mit Wechselspannungen der Frequenzen f_1 und f_2 bewirkt. Durch entsprechende Wahl der Frequenz f_n können bei entsprechender Positionierung der Wandler 21 und 22 zueinander alle Orte entlang
30 eines Durchmessers des Innenraumes der Rohrwandung 1 (zumindest aber diejenigen des mit r angedeuteten Halbmessers) ermittelt werden, so daß ein zuverlässiges Bild über das gesamte Strömungsprofil zu ermitteln ist.

35

Der Zusammenhang zwischen (punktueLLer) Strömungsgeschwindigkeit v und Dopplerfrequenz f ist bei der Anordnung nach Fig.2 der folgende:

$$5 \quad v = \frac{\Delta f \cdot c}{f \cdot \cos} \quad (1)$$

Durch Einsetzen der oben angegebenen Beziehung für \cos erhält man

$$10 \quad v = \frac{\Delta f \cdot c \cdot f \cdot d}{f \cdot c} = \Delta f \cdot d \quad (2)$$

Dies bedeutet, daß die gemessene Dopplerfrequenz Δf nur noch von der Strömungsgeschwindigkeit v und der Periodizitätskonstanten d des Interdigitalwandlers abhängt. Bei erfindungs-
15 gemaßem Verfahren ist es somit nicht erforderlich, die gemessene Dopplerfrequenz mit der Sendefrequenz in Beziehung zu setzen. Es entfällt sogar die Abhängigkeit von der Schallgeschwindigkeit c des strömenden Mediums, die bei herkömmlichen Ultraschall-Doppler-Strömungsmessern nachteiligerweise mit
20 allen ihren Änderungen zu berücksichtigen ist.

Anstelle des Aufbaues nach Fig.2 können vorteilhafterweise für die Erfindung auch zwei Wandler nach dem Prinzip der DE-OS 30 20 282 verwendet werden, wie dies Fig.3 zeigt. Aus
25 Fig.3 ist leicht ersichtlich, welche vielfältigen Möglichkeiten sich für die Erfassung des Innenraumes der Rohrwandung 1 damit ergeben. Mit 224 und 225 sind die differentiellen Meßvolumina bezeichnet, die sich einmal für die Frequenz f_1 und für die Frequenz f_2 der Betriebswechselspannung des
30 aussendenden Wandlers 21 (oder 31) ergeben. Es sei darauf hingewiesen, daß bei der Ausführungsform der Fig.3 Sende- und Empfangsfunktion der Wandler 21 und 31 auch vertauscht werden können. Ein solcher Wandler 21, 31 hat wie dargestellte frequenzabhängige Empfangsrichtung.

Wie aus der Darstellung der Fig.3 mit Kenntnis des Erfindungs-
gedankens zu erkennen ist, sind Maßnahmen zu treffen, daß sich
die (Sende- bzw. Empfangs-)Schallkeulen 24, 25 des Wandlers
21, nämlich für eine Frequenz f_1 und eine Frequenz f_2 mit der
5 jeweiligen Schallkeule 24', 25' des zweiten Wandlers 31 für
die jeweilige Frequenz auch tatsächlich miteinander schneiden.
Eine Möglichkeit dies zu erreichen ist, wenigstens einen der
Wandler 21, 31 etwas schräggerichtet in die Rohrrinnenwandung 1
einzubauen. Dabei würde aber ein wesentlicher Vorteil der
10 Wandler der DE-OS 30 20 282 wenigstens zum Teil preisgegeben
werden. Vorteilhaft ist es dagegen, die beiden Wandler 21 und
31 mit voneinander verschiedenen Periodizitätskonstanten d_1
und d_2 auszubilden, wo mit sich einerseits unterschiedliche
Winkel α verschieden α' bei jeweils gleicher Frequenz f für
15 Senden und Empfangen und damit zwangsläufig wie dargestellte
Schnittpunkte 224, 225 u.s.w. ergeben.

Analog der Gleichung (II) ist dann zu setzen:

$$20 \quad v = \Delta f (d_1 + d_2) \quad (3)$$

Da die schrägstrahlenden Interdigitalwandler der DE-OS 3020282
im allgemeinen zwei symmetrische Schallkeulen aufweisen, erge-
ben sich an sich für eine Frequenz f zwei Meßpunkte, wie dies
25 lediglich gestrichelt dargestellt und mit $\overline{224}$ bezeichnet ist.
Wie dies aber in der genannten DE-OS beschrieben ist, können
die Wandler auch so ausgebildet werden, daß sie nur unidirek-
tional strahlen bzw. empfangen, womit eine solche Zweideutig-
keit könnte aber auch als simultane Messung in zwei Meßvolu-
30 mina genutzt werden. Bei geeignet gewählten Winkeln könnte
die dabei resultierende Mittelung der Werte aus beiden Meßvo-
lumina die Genauigkeit der Messung verbessern. Zur Gewinnung
umfassenderer Informationen über das Strömungsprofil im Innern
eines Rohres 1 und zur Steigerung der Redundanz können im Rah-

men des vorliegenden Erfindungsgedankens auch mehr als zwei Wandler 21, 22; 21, 31 kombiniert verwendet werden.

Fig.4 zeigt ein Beispiel einer für die Erfindung zu verwenden-
5 den elektronischen Schaltung mit dem Sendewandler 21 und dem
Empfangswandler 22. Der Sendewandler 21 wird von einem span-
nungsgesteuerten Oszillator (VCO) 46 mit einer Wechselspannung
mit steuerbar veränderbarer Frequenz gespeist. Das Signal des
Empfangswandlers 22 wird im Verstärker 42 verstärkt und dem
10Mischer 43 zugeführt. Der Mischer 43 erhält auch ein elektri-
sches Signal mit derjenigen Frequenz, mit der gerade der Sen-
dewandler 21 gespeist wird. Vom Mischer 43 geht über die Lei-
tung 44 das Dopplerfrequenz-Signal in die Schaltung 45, die
sowohl die Steuerung für den Oszillator 46 als auch die Aus-
15werteelektronik zur Umsetzung des Dopplerfrequenz-Signals in
einen Durchflußmengenwert enthält, der auf der Anzeige 47 ab-
lesbar ist.

8 Patentansprüche
204 Figuren

25

30

35

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Ultraschall-Durchflußmessung nach dem Doppler-Prinzip, bei dem zuvor ausgesandter Ultraschall
 5 (24, 25) mit einer der zu messenden Strömungsgeschwindigkeit entsprechenden Doppler-Frequenzverschiebung Δf als reflektierter Ultraschall (23; 24; 25') wieder empfangen wird, wobei die Strömung am Ort der Überschneidung (124, 125; 224, 225) der Sende-Schallkeule und der Empfangs-
 10 Schallkeule gemessen wird, g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß zur Erfassung und/oder Auswertung des vollständigen Strömungsprofils im Innern des Rohres (1) der Winkel α der Schallkeule (24, 25, 23; 24, 25, 24', 25') wenigstens eines der Sende- und Empfangswandler (21, 22; 21,
 15 31) für jeweils einzelne Messungen in einem solchen Winkelbereich α_n verändert wird, daß ein repräsentativer Ausschnitt des Strömungsprofils des Querschnittes des Innern des Rohres (1) erfaßt wird.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß der Winkel α nur einer der beiden Schallkeulen (24, 25) des Sende- oder Empfangswandlers (21) verändert wird (Fig.2).
- 25 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß der Winkel α in einem solchen Winkelbereich verändert wird, daß die Werte der Strömungsgeschwindigkeiten für einen Halbmesser (r) des Querschnittes des Innern des Rohres (1) gemessen werden
 30 (Fig.2).
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß die Veränderung des Winkels α

durch Änderung der Frequenz der Anregungswechselspannung (U) für den Sendewandler (21) bewirkt wird.

5. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach
5 einem der Ansprüche 1 bis 4, g e k e n n z e i c h n e t
dadurch, daß der Sende- oder Empfangswandler (21) ein Ultraschall-Wandler (2 oder 3 in Fig.1) mit Interdigitalstruktur (9) ist, bei dem Elektroden auf wenigstens einer der
Flächen (4, 6) des jeweiligen Wandlerkörpers (K) und/oder
10 bei dem eine Interdigitalstruktur der Polarisation des Wandlerkörpers (K) vorgesehen sind, wobei die Winkel $\alpha_1, \alpha_2, \dots$ der Schallkeulen (24, 25, ...) durch Frequenzänderung der Frequenz der anregenden Wechselspannung (U) veränderbar ist.
- 15 6. Vorrichtung nach Anspruch 5, g e k e n n z e i c h n e t
dadurch, daß der weitere zugehörige Empfangs- oder Sendewandler (22) ein Wandler mit richtungsmäßig unveränderbarer Schallkeule (23) ist.
- 20 7. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1, 3 oder 4, g e k e n n z e i c h n e t
dadurch, daß sowohl Sendewandler (21) als auch Empfangswandler (31) Ultraschall-Wandler (2, 3 in Fig.1) mit Interdigitalstruktur (9) der Elektroden auf wenigstens
25 einer der Flächen (4, 6) des jeweiligen Wandlerkörpers (K) und/oder mit Interdigitalstruktur der Polarisation des Wandlerkörpers (K) sind, wobei die jeweils veränderbaren Winkel $\alpha_1, \alpha_2; \alpha'$ der jeweiligen Sende-Schallkeule (24, 25) einerseits und der jeweiligen Empfangs-Schallkeule (24', 25) andererseits für die jeweilige Messung so gewählt sind, daß
30 eine Überschneidung (224, 225) der Schallkeulen vorliegt (Fig.3).

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, g e- k e n n z e i c h-
n e t dadurch, daß die an voneinander verschiedenen Orten
in der Rohrwandung (21) angebrachten Wandler (21, 31) mit
Interdigitalstruktur unterschiedlich große Periodizitäts-
5 konstanten (d_1 , d_2) haben.

10

15

20

25

30

35

1/2

FIG 1

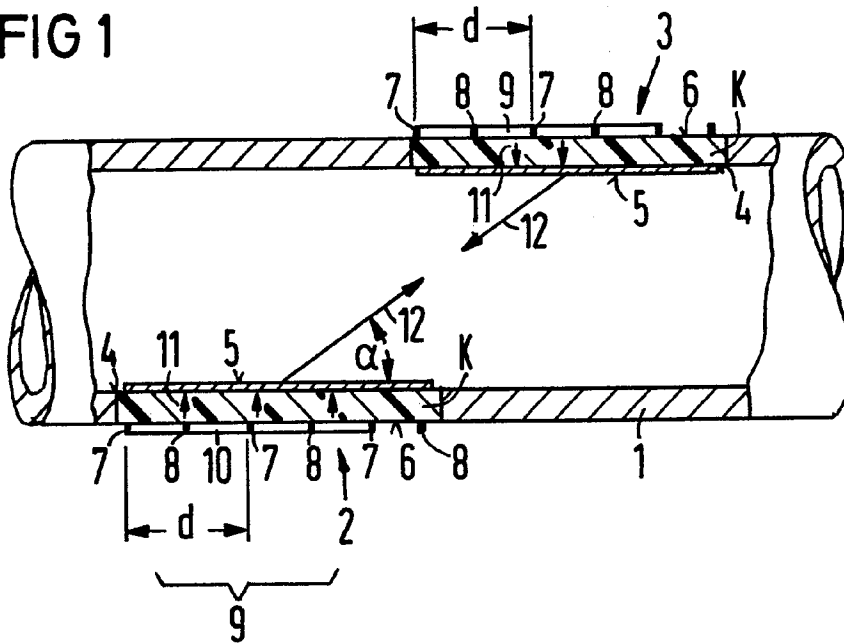


FIG 2

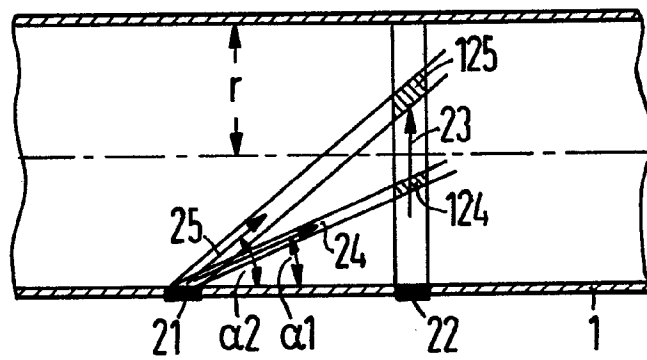


FIG 3

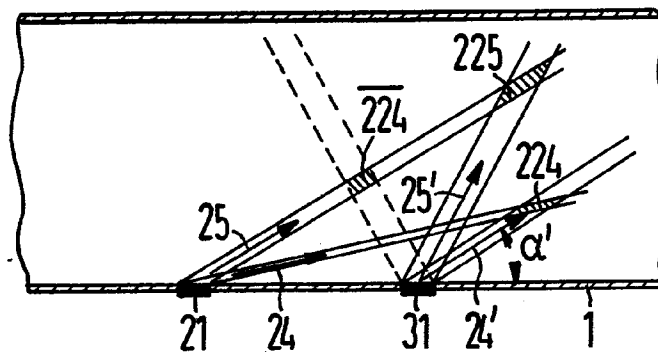
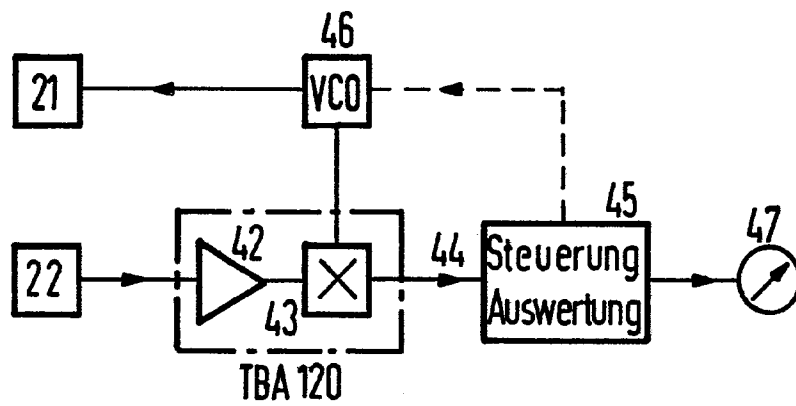


FIG 4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0138017
Nummer der Anmeldung

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			EP 84110467.2
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
D,A	DE - A1 - 3 020 282 (SIEMENS) * Fig. 1,1a; Patentanspruch 10 * --	1,4,5, 7	G 01 F 1/66
A	US - A - 4 257 278 (PAPADOFRANGAKIS) 1 * Spalte 6, Zeilen 5-49; Fig. 5 * --		
A	US - A - 4 295 378 (ERB et al.) * Zusammenfassung; Fig. 1 * ----	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
			G 01 F 1/00
Recherchenort WIEN		Abschlußdatum der Recherche 04-01-1985	Prüfer BURGHARDT
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			